نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۸، ص ۳۲۰-۳۰۹

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 2, Fall - Winter 2019, p. 309-320

شناسایی و شمارش دو آفت مهم گلخانه با کمک پردازش تصویر
مطالعه موردی: سفید بالک و تریپس

احمد حیدری[1]- جعفر امیری پریان[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۰۵

چکیده

شناسایی و ردیابی به موقع آفات در گلخانه یک امر حیاتی جهت کنترل آفات و بیماری‌ها، کاهش خسارت و افزایش عملکرد محصول می‌باشد. آفات مختلفی از قبیل سفید بالک‌ها، تریپس‌ها، شته‌ها و غیره در خسارت به محصول و در نتیجه کاهش آن موثر هستند. در این پژوهش، شناسایی و شمارش آفات مهم گلخانه (سفید بالک و تریپس) از طریق کارت‌های چسبان زرد رنگ به کمک پردازش تصویر انجام شد. ابتدا از کارت‌های نصب شده در گلخانه در طول روز با دوربین دیجیتال عکس گرفته شد. سپس بر اساس طراحی الگوریتمی به منظور استخراج مولفه‌های رنگی و اندازه اشیاء از تبدیلات فضای رنگ، آستانه‌گیری، حذف نویز، عملیات مرفولوژیکی برچسب‌زنی به هم‌بندها برای شناسایی و شمارش حشرات سفید بالک و تریپس به تله افتاده بر روی کارت‌های چسبان زرد استفاده شد. به کمک روش ماتریس اغتشاش، دقت الگوریتم پیشنهادی بررسی شده که این مقدار برابر با ۹۴/۵ و ۸۷/۴ درصد به‌ترتیب برای شناسایی سفید بالک و تریپس محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: حشره، سمپاشی هوشمند، شمارش خودکار، کارت چسبان زرد

مقدمه

کمبود منابع آبی، افزایش تقاضا برای مواد غذایی، استفاده بهینه از آب و اراضی و تأمین امنیت غذایی از جمله مهم‌ترین دلایلی است که توسعه گلخانه‌ها در کشور را ضروری کرده است. امکان تولید خارج از فصل، افزایش مدت برداشت، کاهش هزینه تولید، افزایش بازده اقتصادی و غیره از مزایای کشت گلخانه‌ای می‌باشد. با توجه به شرایط گلخانه از نظر دما و رطوبت، مکانی مستعد آلودگی به آفات و بیماری‌های مختلف می‌باشد که می‌توانند خسارت‌های زیادی به محصول وارد نماید. بنابراین برای داشتن محصولی با کیفیت و کمیت بالا، شناسایی و کنترل به موقع آفات ضروری به نظر می‌رسد. لازمه سمپاشی به موقع و با تعداد دفعات مناسب و کم، داشتن اطلاعات دقیق از جمعیت آفات در محیط گلخانه در زمان‌های مختلف می‌باشد. سفید بالک، تریپس و شته از جمله حشرات مضر شناخته شده در دنیا می‌باشند که خسارت سنگینی به گیاهان گلخانه‌ای وارد می‌کنند (Malais & Ravensberg, 2003). سفید بالک یک حشره کوچک می‌باشد که از شیره انواع زیادی از گیاهان تغذیه می‌کند (Flint, 2002). بیش از ۱۵۰۰ گونه از سفید بالک شناسایی شده است (Martin and Mound, 2007). این حشرات با مکیدن شیره گیاهان موجب خسارت زیادی به محصول می‌شوند. سفیدبالک‌ها در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری و به‌ویژه در شرایط گلخانه‌ای بر روی گیاهان زینتی و محصولات گلخانه‌ای در جمعیت‌های خیلی بالا دیده می‌شوند. دو روش برای شمارش آفات در منابع ذکر شده است، یکی استفاده از کارت‌های چسبان و دوم، استفاده مستقیم از برگ‌های گیاهان. اولین روشی که برای به تله انداختن آفات استفاده شد شامل یک کاغذ آغشته به مواد چسبناک بوده (Boissard *et al.*, 2008)، که در مزرعه یا گلخانه نصب می‌شده است. سپس آفات به تله افتاده شمارش می‌شدند. مزیت این روش وجود یک سطح هموار در دسترس است به‌طوری‌که شمارش آفات را تسهیل می‌نماید. روش پیشنهادی چو و همکاران (Cho *et al.*, 2007) استخراج خصوصیات رنگ و اندازه برای شناسایی و شمارش سفید بالک‌ها، شته‌ها و تریپس‌ها با استفاده از تبدیلات رنگ، عملیات شکل‌شناسی و آستانه‌گیری بوده است. در این تحقیق ابتدا کارت‌های چسبان زرد (که با خطوط سبزرنگ و خط‌چین کادربندی شده بودند) با آفات انتخاب شده سفید بالک، شته و تریپس، اسکن شدند. ابتدا شته‌ها شناسایی شده و برای تشخیص سفید بالک و تریپس از مدل تصویر رنگی YUV استفاده

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
۲- استادیار، گروه مهندسی بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: amiriparian@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jam.v9i2.70517

شد. بویسارد و همکاران (Boissard *et al.*, 2008) یک سیستم بینایی قابل درک که ترکیبی از روش‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی بود برای تشخیص و شمارش آفت سفید بالک ارائه دادند. این سیستم در مقایسه با شمارش دستی آفت قابل اطمینان‌تر می‌باشد. مارتین و همکاران (Martin *et al.*, 2008) یک شبکه از دوربین‌های ویدیویی برای شناسایی و شمارش سفید بالک و شته به منظور کاهش مصرف سم در گلخانه پیشنهاد نمودند. خصوصیات اندازه، شکل و رنگ آفات اساس تشخیص قرار داده شدند. دومین روش، شمارش مستقیم آفات روی برگ‌ها می‌باشد. در این حالت تخم و شفیره نیز قابل بررسی می‌باشد. عیب این روش این است که وجود رگه‌ها یا آسیب‌های احتمالی برگ، ممکن است شمارش را با اختلال همراه کند. پوردربانی و رضایی (Pourdarbani and Rezaei, 2011) با تصویربرداری از برگ گیاهان در یک گلخانه گل‌های زینتی و با پردازش آن با نرم‌افزار متلب، آفت سفید بالک را تشخیص دادند. هودار و همکاران (Huddar *et al.*, 2012) یک روش که قادر به شمارش آفات در محیط گلخانه و مزرعه بود پیشنهاد نمودند. الگوریتم استفاده شده شامل چهار مرحله بود: ۱- تبدیل رنگ ۲- جداسازی بر اساس اختلاف نسبی در شدت نور پیکسل‌ها ۳- کاهش نویز به‌وسیله سایدگی و ۴- شمارش بر اساس ترسیم همسایگی موهر و معیار توقف ژاکوبز . پوخارکار و تول (Pokharkar and Thool, 2012) برای شناسایی خودکار سفید بالک از طریق برگ‌های آلوده، روشی مبتنی بر دو مرحله پیشنهاد نمودند: مرحله اول، قطعه‌بندی شی که شامل کم کردن پس‌زمینه، فیلتر کردن (لاپلاسین[1] وگوسین[2]) و جداسازی. دومین مرحله استخراج مکانی و منطقه‌ای شی بر اساس رنگ، شکل و اندازه. در نهایت روش پیشنهاد شده به‌طور خودکار سطح آلودگی برگ به سفید بالک در مرحله بلوغ را شناسایی می‌کرد. کریشنا و جابرت (Krishna and Jabert, 2013) با استفاده از دوربین و اسکنر و عکس‌برداری از گیاهان آلوده، آفت درخت قهوه و نیز شته‌ها را با کمک الگوریتم‌های مختلف (میانگین k- فازی و EM) تشخیص دادند. بی‌هادانه و همکاران (Bhadane *et al.*, 2013) به منظور شناسایی و شمارش آفت سفید بالک، روشی مبتنی بر تصویربرداری از برگ‌های آلوده و پردازش آنها شامل فیلترکردن (لاپلاسین وگوسین) و جداسازی تصویر پیشنهاد نمودند. روش (Mundada and Gohokar, 2013) شامل هموارسازی تصاویر با فیلتر میانگین و استخراج شی‌های زیادی برای تغذیه ماشین بردار پشتیبان[3] بوده در صورت آلوده بودن گیاه به آفات، تشخیص میسر می‌شد. در نهایت ماشین دوم برای تقسیم آفات به سفید بالک و شته استفاده می‌شد. آفت سفید بالک در مرحله شفیره و بلوغ بر روی برگ‌های سویا با پردازش تصویر شناسایی و شمارش شد (Barbedo, 2014). پیمان و همکاران (Payman *et al.*, 2016) در پژوهشی، از پردازش رنگی به منظور جداسازی لکه‌های ظاهری قسمت‌های آلوده از سطح برگ برنج استفاده نمودند. نتایج نشان داد که الگوریتم ارائه شده توانست نقاط آلوده را در نمونه تصاویر مورد آزمایش با دقت ۹۷/۴ درصد تشخیص دهد. با توجه به اینکه تحقیقات اندکی در خصوص شناسایی آفات از طریق نوارهای چسبناک زرد رنگ در محیط گلخانه انجام شده است و بیشتر این تحقیقات متمرکز بر شناسایی سفید بالک بوده است، بنابراین پژوهش حاضر با هدف شناسایی خودکار آفات مهم گلخانه‌ای (سفید بالک و تریپس) با استفاده از پردازش تصویر انجام شد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌ها

از کارت‌های چسبان زرد رنگ نصب شده در یک گلخانه خیار در منطقه امزاجرد همدان، ۲۰ عدد کارت به‌صورت تصادفی در نقاط مختلف گلخانه انتخاب شدند. این کارت‌ها برای به تله انداختن آفات استفاده می‌شود (شکل ۱). ابعاد کارت‌ها ۲۰×۱۰ سانتی‌متر و با زمینه زرد رنگ می‌باشند. پشت و روی این کارت‌ها چسبناک بوده با این تفاوت که در قسمت رویی توسط خطوط سیاه رنگ عمودی و افقی به مربع‌های کوچک‌تر (۴۵ تا) تقسیم شده‌اند. در صورتی که پشت این کارت‌ها فاقد این خطوط می‌باشد. از هر کارت ۴۵ عدد تصویر با دوربین دیجیتال کانن (Canon IXUS 230HS) ساخت کشور چین با رزولوشن ۱/ ۱۲ مگاپیکسل از فاصله ۲۰ سانتی‌متری تهیه شد. قبل از انجام هرگونه پردازش تصویر، ابتدا حشرات به تله افتاده توسط متخصصین حشره‌شناسی (۳ نفر) شناسایی شدند و تعداد آنها به دقت شمارش شد. سه نوع حشره (۲ حشره مضر سفید بالک و تریپس و یک حشره غیر مضر مگس سیاه) در این مرحله شناسایی شدند (شکل ۲). همانگونه که مشاهده می‌شود جمعیت آفت سفید بالک نسبت به تریپس بسیار بیشتر می‌باشد. از نظر مشخصات، سفید بالک‌های بالغ، طولی در حدود ۱ میلی‌متر و شکمی به رنگ زرد و بال‌هایی به رنگ سفید دارند (Barbedo, 2014). همچنین بیشتر تریپس‌ها محدوده رنگشان از سفید تا زرد مایل به قهوه‌ای تیره یا سیاه هستند و طولی در حدود ۰/۵ تا ۱/۲ میلی‌متر دارند.



شکل ۱- کارت چسبناک زرد در محیط گلخانه

Fig. 1. Yellow sticky traps in greenhouse

1- Laplacian
2- Gaussian
3- SVM (Support Vector Machine)



شکل ۲– قسمتی از کارت زرد که سه نوع حشره به تله افتاده را نمایش می‌دهد

Fig.2. A part of the yellow card that displays the three types of trapped insects

پردازش تصویر

تصاویر تهیه شده به نرم‌افزار MATLAB نسخه R2014a منتقل شدند.

شناسایی سفید بالک

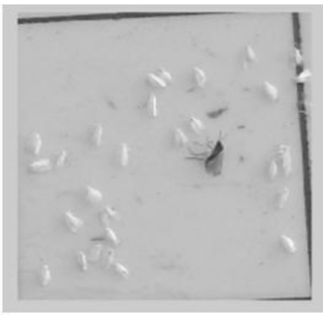
با توجه به رنگ روشن سفید بالک و هم‌رنگ بودن دو حشره دیگر (پشه و تریپس) و کادر سیاه رنگ، ابتدا سفید بالک‌ها شناسایی و شمارش شدند. از مشخصات رنگ و اندازه برای تفکیک سفید بالک استفاده شد. برای این کار ۶ مرحله روی تصویر رنگی انجام شد.

مرحله ۱- تبدیل تصویر اصلی به تصویر سطح خاکستری

در این مرحله، تصویر رنگی (RGB) به سطح خاکستری (Gray) تبدیل شد (شکل ۳).



A



b

شکل ۳– تبدیلات رنگ (a– تصویر اصلی، b– سطح خاکستری)

Fig. 3. Color transformation (a - Original image, b - Gray level)

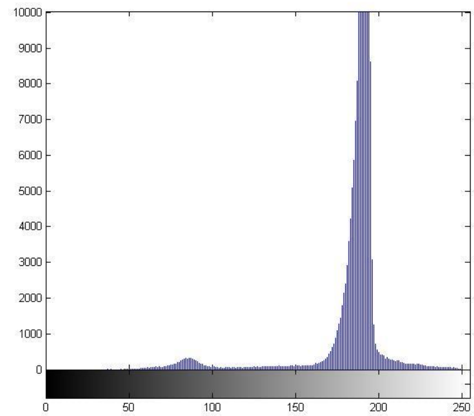
مرحله ۲- تصحیح اثرات روشنایی غیر یکنواخت

روشنایی مناسب (یکنواخت) نقش مهمی در پردازش استخراج اشیا از پس‌زمینه دارد. با توجه به اینکه در طول روز در گلخانه با روشنایی‌های متفاوت روبه‌رو هستیم و در نتیجه عکس‌های گرفته شده دارای روشنایی متفاوت هستند. ترکیب تفریق تصویر با باز کردن[1] و بستن[2] منجر به تبدیلاتی به نام بالا کلاه[3] و پایین کلاه[4] می‌شود. یکی از کاربردهای اصلی این تبدیلات، در حذف اشیا از تصویر با استفاده از عنصر ساختاری در عملیات بازکردن یا بستن است

1- Open
2- Close
3- Top-hat
4- Bottom-hat

که با اشیایی که باید حذف شوند، تطبیق نمی‌کند. سپس عملیات تفاضل، تصویری ایجاد می‌کند که در آن فقط مولفه‌های حذف شده باقی می‌مانند. تبدیل بالا کلاه برای اشیای روشن در پس‌زمینه‌ی تاریک و تبدیل پایین کلاه برای عملیات بر عکس به‌کار می‌رود. در این پژوهش از تبدیل بالا کلاه برای تصحیح روشنایی استفاده شد.

ابتدا از روش مورفولوژی بازکردن برای حذف حشرات و کادر استفاده نمودیم تا به پس‌زمینه رسیدیم. برای ایجاد یک تصویر با پس‌زمینه یکنواخت، تصویر اصلی را از پس‌زمینه تفریق نمودیم. حاصل در شکل ۴–b آورده شده است.



A



b

شکل ٤ – a– هیستوگرام تصویر، b– تصویر با پس‌زمینه یکنواخت

Fig.4. a- Histogram image, b-Image with uniform background

مرحله ۳- تعیین آستانه[1] بهینه و تبدیل تصویر سطح خاکستری به تصویر باینری

مقدار آستانه بهینه با استفاده از روش آتسو[2] تعیین شد (Gonzalez and Woods, 1992). این روش، از این نظر بهینه است که واریانس بین گروه‌ها را ماکزیمم می‌کند و معیار معروفی در تحلیل دقیق آماری است. علاوه بر بهینگی آن، روش آتسو دارای این خاصیت مهم است که کاملاً مبتنی بر محاسباتی است که روی هیستوگرام تصویر اجرا شده و به آسانی از آرایه‌ی یک‌بعدی به‌دست می‌آید. سپس تصویر سطح خاکستری با انجام آستانه‌گیری به تصویر باینری تبدیل شد (شکل ۵). این الگوریتم منجر به تفکیک سفید بالک‌ها از اجزای دیگر همچون حشرات و آفات دیگر، بال‌های به‌جا مانده از حشرات و کادر سیاه شد.

مرحله ۴- حذف اشیا کوچکتر از سفید بالک

در تبدیل تصاویری که منجر به تفکیک سفید بالک‌ها شد نویزهایی وجود داشت که ناشی از انعکاس نور و عوامل محیطی همچون ذرات گرد و خاک و غیره بودند که با اعمال یک الگوریتم حذف نویز به برطرف کردن آنها اقدام شد (شکل ۶). ایده اساسی این است که نویز عموماً شامل نقاط با مساحت کم است، بنابراین می‌توان هر شی با مساحتی کمتر از یک حد را نویز دانست. برای این کار الگوریتم زیر پیاده‌سازی شد:

۱– برچسب‌زنی به تمام اشیا داخل تصویر
۲– محاسبه مساحت آنها
۳– حذف اشیا با مساحت کوچکتر از مقدار مشخص

برای اینکه بتوانیم اشیا کوچکتر از سفید بالک را حذف کنیم می‌بایست تخمینی از مساحت سفید بالک و اشیا دیگر داشته باشیم لذا ابتدا مساحت تمام اجزا را بر اساس روش برچسب‌زنی به هم‌بندها و سپس محاسبه مساحت هر شیء تعیین کرده سپس اطلاعات مساحت تمام اجزا در تصویر را در یک آرایه جداگانه ذخیره کرده و در نهایت هیستوگرام آن استخراج شد.

از هیستوگرام به‌دست آمده، اطلاعات مفیدی شامل اینکه سفید بالک‌ها و بقیه اشیا چه مساحتی دارند به‌دست آمد. این عمل را روی چند تصویر دیگر نیز انجام داده و نتایج مشابهی به‌دست آمد.

مرحله ۵- پرکردن سوراخ‌های تصویر

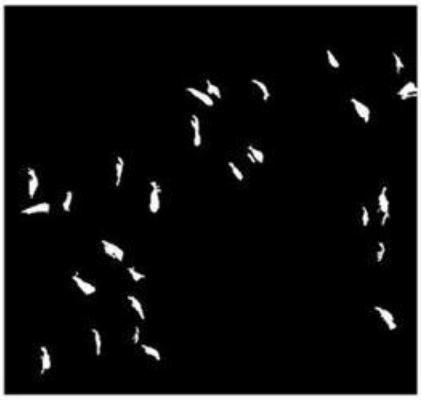
تصویر نهایی بر اساس انجام عملیات مورفولوژیکی[3] پر کردن سوراخ‌ها[4] به‌دست آمد.

1- Threshold
2- Otsu

3- Morphological
2- Fill



شکل ۵– تصویر باینری به‌دست آمده با آستانه‌گیری به روش آتسو
Fig.5. Binary image resulted the Otsu thresh holding



شکل ٦– تصویر باینری بدون نویز
Fig6. Binary image without noise

مرحله ٦- شمارش هم‌بندهای تفکیک شده

پس از آماده‌سازی تصویر به جهت شمارش اشیاء که همان سفید بالک‌ها بودند. پس از برچسب‌زنی به هم‌بندها به شمارش اشیا باقیمانده در تصویر اقدام شد.

شناسایی تریپس

با توجه به رنگ تیره تریپس، پشه و کادر موجود در تصویر، از تبدیلات رنگ، آستانه‌گیری و مشخصات اندازه برای شناسایی تریپس استفاده شد. تشخیص تریپس طی ۸ مرحله انجام شد.

مرحله ۱- تبدیل تصویر اصلی به تصویر سطح خاکستری

ابتدا تصاویر رنگی (شکل a– ۷) به سطح خاکستری (شکلb– ۷) تبدیل شدند.

مرحله ۲- تصحیح اثرات روشنایی غیر یکنواخت

همانگونه که در مبحث قبل بطور کامل توضیح داده شد، از تبدیل بالا کلاه (تفریق تصویر اصلی از تصویر باز شده) برای یکنواخت نمودن روشنایی تصویر استفاده شد (شکل ۸).

مرحله ۳- تعیین آستانه بهینه و تبدیل تصویر سطح خاکستری به تصویر باینری

مقدار آستانه بهینه با استفاده از روش آتسو تعیین شد. سپس تصویر سطح خاکستری با انجام آستانه‌گیری به تصویر باینری تبدیل شد

مرحله ٤– تهیه نگاتیو تصویر

نگاتیو[1] تصویر با معکوس کردن سطوح شدت به‌دست آمد.

مرحله ۵- حذف اشیا کوچکتر از تریپس

در تصویر باینری استخراج شده، اجزای کوچکی وجود داشتند که می‌توان آنها را نویز در نظر گرفت، این نویزها از جنس تک پیکسل‌های ناشی از انعکاس نور و نیز اثرات عوامل محیطی همچون ذرات ریز خاک و حتی ممکن است حشرات کوچکتر همرنگ تریپس باشد. بنابراین همانند روشی که در خصوص سفید بالک‌ها گفته شد مساحت کل اجزای تشکیل‌دهنده تصویر و نیز هیستوگرام تصویر مشخص شدند در نهایت با انجام این عمل روی چند تصویر، مساحت تریپس و اشیا کوچکتر از تریپس مشخص شدند.

مرحله ٦- حذف تریپس و جداسازی بقیه اشیا

در این مرحله تریپس با کمک عملکرد مورفولوژی بازکردن از تصویر حذف شد.

مرحله ۷- جداسازی تریپس

در این مرحله، با اعمال عملکرد تفریق تصویر به‌دست آمده از مرحله ۵ از تصویر حاصل شده از مرحله ۶ تریپس‌ها تفکیک شدند. سپس با عملیات مورفولوژی پر کردن بر روی تصویر تفریق شده، تصویر پردازش شده نهایی حاصل شد.

مرحله ۸- شمارش تریپس‌ها

با اجرای الگوریتم با برچسب‌زنی به هم‌بندها و شمارش آنها، تعداد تریپس‌ها مشخص شدند.

تجزیه تحلیل داده‌ها

سپس داده‌های به‌دست آمده از روش چشمی و پردازش تصویر با روش‌های آماری آزمون T تست و ریشه میانگین مربعات خطا[2] (معادله ۱) و ضریب تغییرات انحراف جذر میانگین مربعات[3] (معادله ۲) مقایسه شدند.

$$\text{RMSE}=\sqrt{\frac{\Sigma(x-y)^2}{n}} \qquad (۱)$$

$$\text{CV}(RSME) = \frac{RSME}{\bar{x}} \qquad (۲)$$

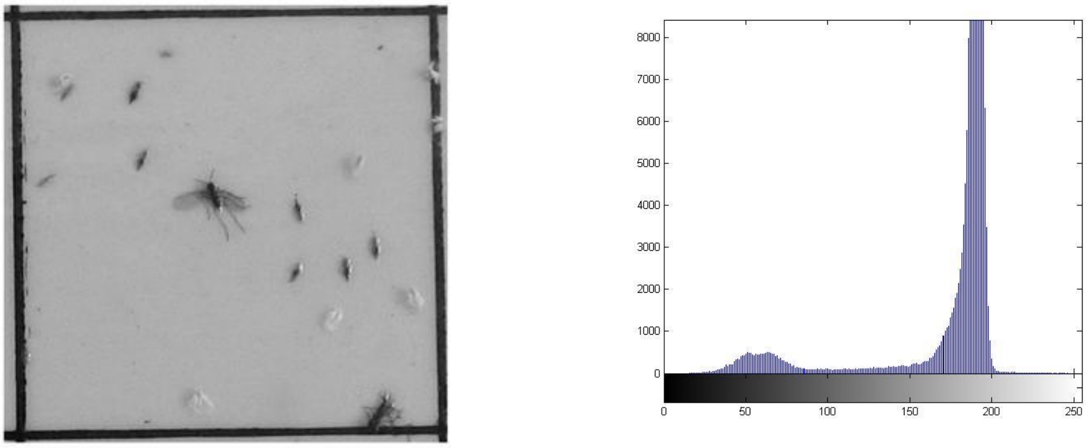
1- Negative
1- RMSE(Root Mean Square Error)
3- CV(RMSE) Coefficient of variation of the RMSE

که x، y، n و $\bar{x}$ به‌ترتیب تعداد آفات شمارش‌شده به روش چشمی، تعداد آفات شمارش‌شده به روش پردازش تصویر، تعداد کل مشاهدات و میانگین تعداد مشاهدات می‌باشد. هر چقدر مقدار RMSE کمتر باشد دقت روش بالاتر خواهد بود.



شکل ۷- تبدیلات رنگ (a- تصویر اصلی، b- سطح خاکستری)

Fig. 7. Color transformation (a- Original image, b- Gray level)



شکل ۸- a- هیستوگرام تصویر، b- تصویر یکنواخت شده

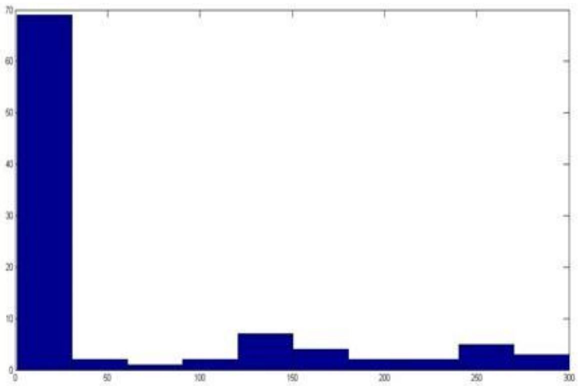
Fig.8. (a- Histogram image , b- Image with uniform background)

نتایج و بحث

شناسایی و شمارش سفید بالک

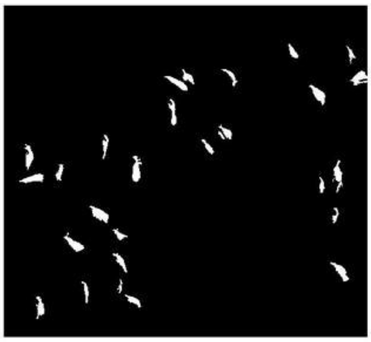
شکل ۵ نتیجه آستانه‌گیری به روش آتسو برای تفکیک سفید بالک‌ها را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود سفید بالک‌ها به‌خوبی مشخص شدند.

از هیستوگرام تصویر (شکل ۹) مساحت سفید بالک‌ها در محدوده ۱۰۰ تا ۳۰۰ پیکسل و مساحت عمده اشیا کوچکتر از سفید بالک مساحتی در حدود ۳۰ پیکسل مشخص شدند. در نهایت اجزایی که مساحتی در حدود ۳۰ پیکسل به پایین داشتند با عمل مرفولوژی بازکردن حذف شدند. نتیجه اجرای این الگوریتم، مشخص شدن سفید بالک‌ها بود (شکل ۶). تصویر نهایی که با پرکردن سوراخ‌ها حاصل شد در شکل ۱۰ نشان داده شده است.



شکل ۹- هیستوگرام تصویر

Fig.9. Histogram image



شکل ۱۰- تصویر پر شده
Fig.10. Filled image

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها

نتایج شناسایی و شمارش آفت سفید بالک توسط کارشناس (واقعی) و پردازش تصویر (تخمینی) در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود دقت نسبی، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و ضریب تغییرات انحراف جذر میانگین مربعات (CV RMSE) شمارش سفید بالک در سیستم پردازش تصویر نسبت به روش چشمی به‌ترتیب ۹۴/۵، ۱۵/۳ و ۵/۵ درصد به‌دست آمد. نتایج آزمون T تست بین دو روش نیز حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین آنها بود (جدول ۲). این نتایج حاکی از قابلیت و کارآیی قابل‌قبول روش پردازش تصویر در شناسایی و شمارش سفید بالک می‌باشد. همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود در تعدادی از تصاویر دقت تشخیص کمتر بود، این تصاویر مربوط به کارت‌هایی بود که در بعضی از قسمت‌ها، اشیای دیگری مانند برگ نیز به آن چسبیده بود. بویسارد و همکاران (Boissard *et al.*, 2008) اعلام نمودند که روش شناسایی و شمارش آفات بر اساس پردازش تصویر نسبت به روش دستی کارآمدتر می‌باشد. با توجه به اینکه روش چشمی، روشی خسته‌کننده و زمان‌بر بوده و به مهارت فردی بستگی دارد و احتمال خطا در این روش زیاد است (Barbedo, 2014). استفاده از روش پردازش تصویر قابلیت اعتماد بالایی دارد. شناسایی و شمارش این آفت سریع‌تر خواهد بود. چو و همکاران (Cho *et al.*, 2007) دقت شناسایی سفید بالک را به کمک پردازش تصویر از طریق کارت‌های چسبناک زرد رنگ با آفات انتخابی ٪۹۳/۹ گزارش نمودند. استفاده از الگوریتم‌های ساده‌تر و نیز استفاده از کارت‌های چسبناک زرد در شرایط واقعی را می‌توان از تفاوت‌های مطالعه حاضر با گزارش (Cho *et al.*, 2007) دانست. باربدو (Barbedo, 2014) دقت نسبی شمارش سفید بالک بالغ روی برگ را با کمک پردازش تصویر ٪۹۹ و انحراف روش تخمینی (پردازش تصویر) از روش واقعی (شمارش چشمی) در شمارش سفید بالک را ٪۱- اعلام نمود. پوردربانی و رضایی (Pourdarbani and Rezaei, 2011) نیز با دقت نسبی ٪۹۰ سفید بالک را روی برگ تشخیص دادند. محققین دیگری هم از خصوصیات اندازه و رنگ برای شناسایی آفات استفاده کردند (Bhadane *et al.*, 2013; Huddar *et al.*, 2012; Martin *et al.*, 2008; Pokharkar and Thool, 2012).

جدول ۱- دقت نسبی شمارش سفید بالک
Table 1- Relative accuracy of whitefly Counting

تصویر Image	واقعی (چشمی) Real (ocular)	تخمینی (پردازش تصویر) Estimated (image processing)	دقت تشخیص Accuracy of detection
1	448	459	97.6%
2	201	219	91.1%
3	175	169	96.6%
4	202	211	95.6%
5	158	164	96.2%
6	169	187	89.4%
7	411	427	96.2%
8	278	259	93.2%
9	511	482	94.3%
10	235	254	92%
11	194	179	92.3%
12	321	342	93.5%
13	289	299	96.6%
14	162	171	94.5%
15	254	243	95.7%
16	487	469	96.2%
17	311	299	96.2%
18	216	232	92.6%
19	198	186	94%
20	328	342	95.8%
میانگین Mean			94.5%

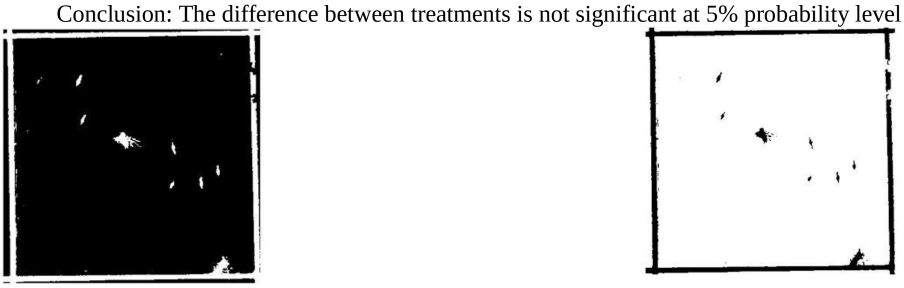
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس شمارش دستی و خودکار آفات به روش آزمون T

Table 2- Analysis of variance of manual and automatic counting of pests by T test

	سفید بالک **Whitefly**	تریپس **Thrips**
انحراف معیار استاندارد Standard deviation	15.68	4.49
ارزش t Value t	-0.642	-1.914
درجه آزادی Degrees of freedom	19	19
سطح احتمال Probability level	1%	1%
Sig.	0.529	0.071

نتیجه: اختلاف بین تیمارها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار نمی‌باشد

Conclusion: The difference between treatments is not significant at 5% probability level



b a

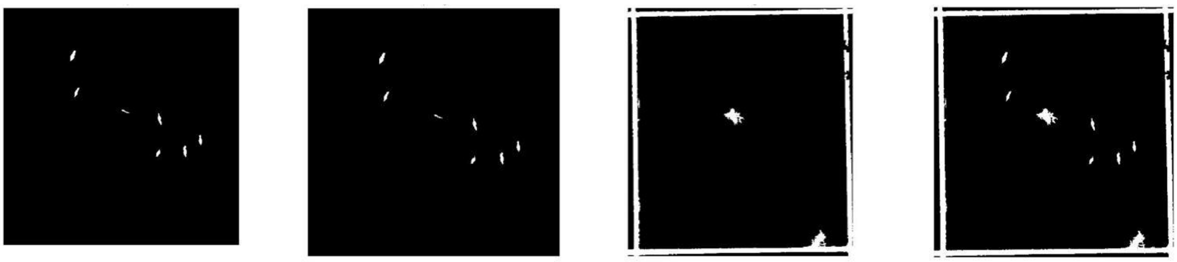
شکل ۱۱– a – تصویر باینری به‌دست آمده با آستانه‌گیری به روش آتسو، b– نگاتیو تصویر

Fig.11. a- Binary image resulted the Otsu thresh holding, b- Negative image

شناسایی و شمارش تریپس

نتایج آستانه‌گیری به روش آتسو و نیز معکوس نمودن مقادیر شدت در شکل ۱۱ نشان داده شده است. نتیجه حاصل شامل جداسازی تریپس، مگس سیاه، کادر سیاه رنگ بود.

نتایج به‌دست آمده از هیستوگرام شکل b–۱۱ نشان داد که مساحت تریپس‌ها در محدوده ۲۵۰–۱۰۰پیکسل و همچنین مساحت عمده اشیا کوچکتر از تریپس در حدود ۳۰ پیکسل به‌دست آمد. در ادامه با کمک عملکرد مورفولوژی بازکردن، تمام اشیایی که مساحتشان کمتر از ۳۰ پیکسل بود حذف شدند. در نتیجه تصویر بدون نویز حاصل شد (شکل a–۱۲). تمام اشیایی (تریپس) که مساحتشان کمتر از ۲۵۰ پیکسل بود ، از تصویر حذف شده و مگس‌ها به همراه کادر سیاه رنگ باقی ماندند (شکل b–۱۲). لازم به توضیح است هر نوع حشره بزرگتر از تریپس یا هر نوع شی دیگری (با مشخصات رنگی مشابه) اگر در کارت وجود داشته باشد با این روش در تصویر باقی خواهد ماند. شکل c–۱۲،جداسازی تریپس‌ها که حاصل تفریق نمودن تصویر a–۱۲ از تصویر b– ۱۲ می‌باشد را نشان می‌دهد در نهایت شکل d– ۱۲ با پرکردن سوراخ‌های تصویر به‌دست آمد.



d c b a

شکل ۱۲– a– تصویر باینری بدون نویز b– حذف تریپس c– تصویر تفریق شده (جداسازی تریپس) d– تصویر پرشده (جداسازی تریپس)

Fig.12. a- Binary image without noise, b- Deletion of thrips, c- Subtracted image (separation of thrips), d- filled image

نتایج تجزیه و تحلیل داده‌ها

میانگین دقت نسبی، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و ضریب تغییرات انحراف جذر میانگین مربعات (CV RMSE) شمارش تریپس در سیستم پردازش تصویر نسبت به روش دستی به‌ترتیب، ۸۷/۴، ۱۸ و ۵/۹ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). با توجه به جدول ۲ اختلاف معنی‌داری بین دو روش وجود نداشت. یعنی می‌توان روش پردازش تصویر را جایگزین روش چشمی نمود. همانگونه که در خصوص سفید بالک گفته شد خطای شناسایی تریپس نیز در کارت‌هایی که اشیایی همچون برگ به آن چسبیده بود بیشتر بود. چو و همکاران (Cho *et al.*, 2007) دقت شناسایی تریپس را به کمک پردازش تصویر از طریق کارت‌های چسبناک زرد رنگ ٪۸۸/۹ گزارش نمودند.

جدول ۳- دقت نسبی شمارش تریپس

Table 3- Relative accuracy of thrips Counting

تصویر Image	واقعی (چشمی) Real (ocular)	تخمینی (پردازش تصویر) Estimated (image processing)	دقت تشخیص Accuracy of detection
1	192	185	96.4%
2	92	115	75%
3	135	178	68.2%
4	98	121	76.6%
5	231	212	91.8%
6	93	101	91.4%
7	111	135	78.4%
8	94	82	87.3%
9	124	145	83.1%
10	184	165	77.7%
11	143	159	89.7%
12	135	119	88.2%
13	95	101	93.7%
14	278	255	91.7%
15	198	187	94.4%
16	143	146	97.9%
17	134	151	87.3%
18	215	206	95.8%
19	112	123	90.2%
20	194	207	93.3%
میانگین Mean			87.4%

نتیجه‌گیری

الگوریتم مبتنی بر پردازش تصویر پیشنهاد شده قادر به شناسایی سفید بالک و تریپس به‌ترتیب با دقت نسبی ٪۹۴/۵ و ٪۸۷/۴ بود. این روش علاوه بر سادگی، دارای کارآیی و قابلیت وفق دادن با شرایط مختلف می‌باشد. همچنین با کمی تغییرات در الگوریتم پیشنهادی، سیستم قادر به شناسایی دیگر آفات نیز خواهد بود. جهت طراحی سیستم هوشمند سمپاشی در گلخانه نیاز است که جمعیت آفات مکرراً رصد شوند بنابراین تشخیص و شمارش آفات لازمه سیستم هوشمند سمپاشی خواهد بود.

References

1. Barbedo, J. G. A. 2014. Using digital image processing for counting whiteflies on soybean leaves. Journal of Asia-Pacific Entomology 17: 685-694.
2. Bhadane, G., S. Sharma, and V. B. Nerkar. 2013. Early pest identification in agricultural crops using image processing techniques. International Journal of Electrical, Electronics and Computer Engineering 2: 77-82.
3. Boissard, P., V. Martin, and S. Moisan. 2008. A cognitive vision approach to early pest detection in greenhouse crops. computers and electronics in agriculture 62: 81-93.
4. Cho, J., J. Choi, M. Qiao, C.-W. Ji, H.-Y. Kim, K.-B. Uhm and T.-S. Chon. 2007. Automatic identification of whiteflies, aphids and thrips in greenhouse based on image analysis. Red 346: 244.
5. Flint, M. 2002. Whiteflies: Integrated pest management for home gardeners and professional landscapers. University of California, Davies, Tech. Report.
6. Gonzalez, R. C., and R. E. Woods. 1992. Digital image processing: Addison-wesley Reading.

7. Huddar, S. R., S. Gowri, K. Keerthana, S. Vasanthi, and S. R. Rupanagudi. 2012. Novel algorithm for segmentation and automatic identification of pests on plants using image processing. Pages 1-5. Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT), 2012 Third International Conference on: IEEE.
8. Krishna, M., and G. Jabert. 2013. Pest Control in Agriculture Plantation using Image Processing. IOSR Journal of Electronic and Communication Engineering (IOSR-JECE) 6: 68-74.
9. Malais, M., and W. Ravensberg. 2003. Knowing and recognizing: the biology of glasshouse pests and their natural enemies. rev.
10. Martin, J., and L. Mound. 2007. An annotated check list of the world's whiteflies (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). Lista de las moscas blancas del mundo (Insecta: Hemiptera: Aleyrodidae). Zootaxa 1: 1-84.
11. Martin, V., S. Moisan, B. Paris, and O. Nicolas. 2008. O. 50-Towards a video camera network for early pest detection in greenhouses. ENDURE International Conference.
12. Mundada, R. G., and V. Gohokar. 2013. Detection and classification of pests in greenhouse using image processing. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering 5: 57-63.
13. Payman, S. H., A. Bakhshipour Ziaratgahi, and A. Jafari. 2016. Exploring the possibility of using digital image processing technique to detect diseases of rice leaf. Journal of Agricultural Machinery 6: 69-76. (In Farsi).
14. Pokharkar, S., and V. Thool. 2012. Early pest identification in greenhouse crops using image processing techniques. International Journal of Computer Science and Network 1: 1-6.
15. Pourdarbani, R., and B. Rezaei. 2011. Automatic detection of greenhouse plants pests by image analysis. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi 7.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 2, Fall - Winter 2019, p. 309-320

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۲، نیمسال دوم ۱۳۹۸، ص ۳۲۰-۳۰۹

Identification and Counting of Two Important Greenhouse Pests by Image Processing, Case Study: Whitefly and Thrips

A. Heidari[1]- J. Amiri Parian[2*]

Received: 26-01-2018
Accepted: 26-06-2018

Introduction

Lack of water resources, increasing demands for food, the optimal use of water and land, and food security are of the most important reasons for the development of greenhouses in the country. The benefits of greenhouse cultivation consisted of the possibility to produce off-season, increase harvest period, reduce the production costs, increase economic efficiency and etc. Regarding the conditions of the greenhouse, in terms of temperature and humidity, a site is susceptible to contamination with various pests and diseases, which can cause a lot of damages to the products. So, for a high-quality product, identification and timely control of pests are necessary. The need for spraying in a timely manner, with a sufficient number of times, is to have accurate information on the population of pests in a greenhouse environment at different times. Whiteflies, thrips, and aphids are among the most commonly known harmful insects in the world, causing severe damages to greenhouse plants.

Materials and Methods

Twenty yellow sticky cards were randomly selected in different parts of the greenhouse of cucumbers in the Amzajerd district of Hamadan. From each card, 45 photos were taken with Canon IXUS 230HS digital camera with a resolution of 12.1 Megapixels at a distance of 20 centimeters. Before each image processing, trapped insects were initially identified and counted by three entomologists. At this stage, three types of insects (two harmful insects, whitefly and thrips and non-harmful insect) were identified. Then the images were transferred to Matlab software.

The algorithm of identifying and counting the whitefly was the following six steps:
Step 1: Convert the original image to the gray level image
Step 2: Correcting the effects of non-uniform lighting
Step 3: Determine the optimal threshold and convert the gray level image to the binary image
Step 4: Remove objects smaller than Whitefly
Step 5: Fill the holes in the image
Step 6: Counting broken segments
The algorithm of identifying and counting the thrips was the following eight steps:
Step 1: Convert the original image to the gray level image
Step 2: Correcting the effects of non-uniform lighting
Step 3: Determine the optimal threshold and convert the gray level image to the binary image
Step 4: Prepare image negatives
Step 5: Remove objects smaller than the thrips
Step 6: Remove the thrips and isolate the rest of the objects
Step 7: Split the thrips
Step 8: Count the thrips

1- Ph. D. Student, Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Assistant Professor, Biosystems Engineering Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: amiriparian@basu.ac.ir)

Results and Discussion

Relative accuracy, root mean square error (RMSE) and Coefficient of variation of the RMSE of Whitefly counting in image processing system were 94.4%, 15.3 and 5.5% respectively. The results of the T-test between two methods indicated that there was no significant difference between them.

The mean relative accuracy, root mean square error (RMSE) and Coefficient of variation of the RMSE of the thrips count in the image processing system were 87.4%, 18 and 5.9% respectively. There was no significant difference between the two methods.

Conclusions

The proposed image processing algorithm was able to detect whiteflies and thrips with a relative accuracy of 94.5% and 87.4%, respectively. In addition to simplicity, this method has the ability to adapt to different conditions. Also, with some changes in the proposed algorithm, the system will also be able to identify other pests. In order to design an intelligent spray system in the greenhouse, the population of pests needs to be monitored frequently, so the identification and counting of pests will be necessary for the intelligent spray system.

Keywords: Auto counting, Insect, Intelligent spraying, Yellow sticky card